

<b>Zeitschrift:</b>	Bulletin des Schweizerischen Elektrotechnischen Vereins
<b>Herausgeber:</b>	Schweizerischer Elektrotechnischer Verein ; Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke
<b>Band:</b>	45 (1954)
<b>Heft:</b>	13
<b>Rubrik:</b>	Energie-Erzeugung und -Verteilung : die Seiten des VSE

### Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

### Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

### Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

**Download PDF:** 16.01.2026

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# Energie-Erzeugung und -Verteilung

## Die Seiten des VSE

### Aussichten der Eingliederung der Energie des Atomkernes in die Elektrizitätserzeugung

Auszug aus der Studie von *P. Ailleret*, Direktor der Studien- und Forschungsabteilung der EDF, in der Revue Française de l'Energie, Nr. 51, März 1954,

621.311.25 : 621.3.039.4

«Wenn man jemanden eingeladen hätte, am Tag nach der ersten Überfliegung des Ärmelkanals durch Blériot eine Studie über die mögliche Konkurrenz zwischen Dampfschiffen und viermotorigen Flugzeugen zu schreiben, so wäre ihm sogleich das Sprichwort „scripta manent“ in den Sinn gekommen und hätte ihn von einem solchen Unterfangen abgehalten. Es ist wahr, dass dieses Sprichwort entwertet worden ist durch die beträchtliche Inflation des Schrifttums, welche heute fast allem Geschriebenen ein sehr schnelles Vergessen garantiert.

Andererseits kann der Mensch, ob er will oder nicht, sich nicht nur nach den Dingen richten, die sicher und klar sind; er muss notwendigerweise in die Zukunft Ausschau halten, um sich dafür so gut als möglich vorzubereiten; jeder Beitrag, der es gestattet, die Ungewissheit zu durchdringen, die uns die kommende Entwicklung verbirgt, kann auch das Risiko von falschen Handlungen verringern, die durch zu ungenaue Anfangsvoraussichten angeregt wurden.»

Mit dieser treffenden Einleitung hat Ailleret eine Studie veröffentlicht, die eine äusserst wertvolle Beleicherung der Dokumentation über die wirtschaftliche Seite der Energieerzeugung in Atomkraftwerken darstellt. Er hat uns in verdankenswerter Weise die Erlaubnis erteilt, seine sehr interessanten Feststellungen und Gedanken zu übersetzen und zusammenzufassen, in der Meinung auch, dass seine Ausführungen in den Fachkreisen unseres Landes Widerhall finden und vielleicht zu weitern ergänzenden Studien über die Aussichten der Einbeziehung der Atomkernenergie in die Energiewirtschaft unseres Landes Anlass geben werden.

Es muss zuerst festgestellt werden, dass die gesamte Atomenergieerzeugung der bereits bestehenden Kernspaltungsanlagen wohl sehr beachtliche Werte in Bezug auf die entwickelte Wärme erreicht, jedoch in Form von elektrischer Energie ganz unbedeutend ist. Während heute einerseits der Energieverbrauch für Forschungen auf diesem Gebiete den ganzen Energiebedarf Frankreichs für Industrie und Haushalt übertrifft, ist andererseits die Ausbeute an elektrischer Energie praktisch noch gleich null. Diese Feststellung ist auf die sehr mässige Qualität der in den Kernreaktoren erzeugten Wärme

zurückzuführen. Die Qualität wird durch die Temperatur des Fluidums ausgedrückt, das dem Reaktor entströmt, um die Wärme den Kesseln einer thermischen Zentrale zuzuführen.

Diese Temperatur ist zunächst begrenzt durch die physikalischen Eigenschaften des Mantels, der die Uranstäbe umschließen muss, sowohl um dieses Metall gegen chemische Einflüsse der Luft, des Wassers oder eines andern Kühlmittels zu schützen, als auch um den Austritt der entstehenden, radioaktiven Spaltprodukte zu verhindern, die wegen ihrer Gefährlichkeit nicht in zu grossen Mengen in den Kühlmittel-Kreislauf übertragen dürfen.

In einer Batterie, die mit natürlichem Uran beschickt ist, dessen Neutronenbilanz nur mühsam im Gleichgewicht zu halten ist, darf der Mantel nicht aus einem stark Neutronen absorbierenden Material bestehen, wie z. B. rostfreiem Stahl. Es ist wohl möglich, hiezu Aluminium oder Magnesium zu verwenden; die Temperatur muss aber wiederum begrenzt werden, soll dieses Material nicht schmelzen oder sogar in Brand geraten, wenn die Batterie durch Luft gekühlt wird. So beträgt die Austrittstemperatur der in Marcoule im Gard (Frankreich) gebauten Anlage von 40 000 Wärme-kW<sup>1)</sup> mit Luftpühlung nicht ganz 200 °C. Heute stehen aber bereits Metalle zur Verfügung, mit denen widerstandsfähigere Verkleidungen hergestellt werden können, wie z. B. Beryllium und vor allem Zirkonium, die hohe, für die Umwandlung günstigere Austrittstemperaturen gestatten.

Im Uran selbst liegt eine weitere Begrenzung der Temperatur; diese darf einen maximalen Wert von 650 °C nicht übersteigen, weil hier Uran seinen allotropischen Zustand ändert, was beträchtliche Deformationen im Uranstab zur Folge hat, die den Mantel u. U. bis zum Zerreissen beanspruchen könnten. Mit der Verwendung von Zirkonium könnte die Austrittstemperatur bis auf 350 °C gesteigert werden.

Diese Feststellungen zeigen, dass heute noch beträchtliche Schwierigkeiten bestehen, deren Ursache in der Temperaturempfindlichkeit des Materials

<sup>1)</sup> Die in den Atom-Anlagen in Form von Wärme entwickelte Leistung wird in Wärme-kW ausgedrückt, eine Masseinheit, die für die energetischen Betrachtungen sicher mit Vorteil angewendet wird.

und in der zerstörenden Wirkung der radioaktiven Strahlung liegt. Man darf aber annehmen, dass auch auf diesem Gebiete die Entwicklung rasch fortschreiten wird, wie bei den klassischen thermischen Zentralen, bei denen die Dampf- bzw. Gastemperaturen seit Beginn der Entwicklung anfangs dieses Jahrhunderts in stetem Fortschritt jährlich um ungefähr 7 °C erhöht werden konnten. Dies wird möglich sein, dank neuer Materialien mit besseren thermischen und kernphysikalischen Eigenschaften, und dank der vermehrten Herstellung von Uran 235 und von Plutonium. Letztere wird eine grössere Freiheit in der Auswahl der für die Verkleidung der Uranstäbe zu verwendenden Metalle gewähren, weil dann weniger auf die Absorption der Neutronen durch die Mäntel zu achten sein wird. Man kann deshalb erwarten, dass das Verhältnis zwischen den elektrischen und den Wärme-kW sich in einem Jahrzehnt dem Wert  $\frac{1}{3}$  nähern wird, der heute für die thermischen Zentralen mit klassischen Brennstoffen gilt.

Selbstverständlich stellen sich noch viele andere Probleme, wovon einige heute schon gelöst sind. Es bietet z. B. keine Schwierigkeiten mehr, durch Servo-Mechanismen die Leistung einer Batterie zu regulieren. Des weitern hat sich die Sicherung des Betriebes der Batterie als ziemlich leicht erwiesen, indem sie keine starke natürliche Neigung zu einer unübersehbaren Kettenreaktion besitzt. Dagegen ist die Radioaktivität dermassen intensiv, dass umfangreiche und kostspielige Vorkehren zum Schutze des Betriebspersonals und bei der Reinigung des Urans von den anfallenden Spaltprodukten nötig sind. Diese Reinigung drängt sich auf, weil gewisse Spaltprodukte sehr stark Neutronen absorbieren und damit die Batterie «vergiften».

Die grosse Vielfalt der bestehenden Typen von Reaktoren erhöht sicherlich die technischen Erfolgssichten, weil die Wege des Fortschrittes mannigfaltig sind; sie erschwert dagegen die klare Beurteilung der Wirtschaftlichkeit der Kernreaktoren. Es ist sicher, dass die technische Entwicklung immer schneller vor sich geht, und es wäre nicht erstaunlich, dass ausserhalb dieser stetigen Entwicklung unerwartete Entdeckungen plötzlich neue, ungeahnte Lösungen brächten.

Es sind aber nicht nur die technischen Möglichkeiten, die das Tempo der Entwicklung der Ausnutzung der Atomenergie beeinflussen; sie bestimmen lediglich deren Grenzen. Ortsfeste Atomkraftwerke werden sicher nur dann gebaut werden, wenn Aussicht besteht, mit ihnen die Energie wirtschaftlicher zu erzeugen als mit den heutigen Produktionsanlagen, dies um so mehr, als keine zusätzlichen Vorteile zu erwarten sind, wie dies z. B. bei den Unterseebooten und im kleineren Ausmass bei der Hochseeschiffahrt der Fall ist.

Um auf die wirtschaftlichen Aspekte einzutreten, muss man sich über den Verbrauch an Uran pro kWh im klaren sein.

Bei der Spaltung des Isotop 235 nimmt die Masse, entsprechend dem Einstein'schen Massen-Äquivalenzprinzip

$$W = mc^2$$

um  $\frac{1}{1000}$  ab. Dies ergibt 24 000 Wärme-kWh pro Gramm des Isotop 235.

Natürliches Uran enthält aber nur 7 % an Brennstoff 235. Die Möglichkeiten dieses natürlichen Urans beschränken sich zwar nicht auf die Verbrennung des Isotops 235, da dessen Spaltung von der Umwandlung einer ungefähr gleich grossen Menge Isotop 238, das nicht spaltbar ist, in Plutonium begleitet ist, das seinerseits ein Kernbrennstoff ist. Es ist also theoretisch möglich, mehr Energie frei zu machen, als den 7 % Isotop 235 entsprechen würde, aber die Notwendigkeit der teuren, chemischen Regeneration bestimmt ihrerseits die obere Grenze der Ausnutzung. Neuere amerikanische Angaben weisen darauf hin, dass die obere Grenze der praktisch möglichen Ausbeutung der im natürlichen Uran enthaltenen Energie bei ungefähr 1 % liegt. Die dabei anfallenden Rückstände sind ziemlich wertlos.

In diesem Falle hätte man:

$$1 \text{ g natürliches Uran} = \frac{1}{100} \times 24\,000 \\ = 240 \text{ Wärme-kWh und}$$

$$1 \text{ g Kohle zu } 7000 \text{ cal/kg} = \frac{7}{860} \\ = 0,008 \text{ Wärme-kWh.}$$

Vom Gesichtspunkt der Wärmeproduktion aus gesehen, stellt somit das natürliche Uran den  $\frac{240}{0,008} = 30\,000$ fachen Wert der Kohle dar.

Die Qualität der erzeugten Wärme ist jedoch nicht die gleiche, da der dem Reaktor entströmende Wärmeträger eine niedrigere Temperatur aufweist als derjenige, der in den Gas- oder Dampfturbinen verwendet wird. Aus diesem Grunde ist der Umwandlungswirkungsgrad geringer. Aber im Hinblick auf die zu erwartenden Fortschritte in der Austrittstemperatur der Reaktoren bestehen berechtigte Hoffnungen, dass in einigen Jahren der Wärmewirkungsgrad bis auf  $\frac{2}{3}$  desjenigen der heute in Betrieb stehenden Dampfzentralen ansteigen wird. Dadurch würde die Äquivalenz Uran/Kohle, bezogen auf die elektrische Arbeit, ein Verhältnis von 1 : 20 000 erreichen.

Um einen Kostenvergleich in Bezug auf den Brennstoffverbrauch aufzustellen, müsste man sich über die zukünftigen Preise der Kohle und des Urans ein Bild machen können. Während man die Preise der Kohle einigermassen überblicken kann, bleibt die Entwicklung des Uranpreises fraglich. Es bestehen z. B. für Uran keine kommerziellen Preisnotierungen. Nach den französischen Selbstkosten und den amerikanischen Ankaufspreisen kann aber geschätzt werden, dass das Uranmetall etwa 4000mal teurer ist als Kohle.

Vergleicht man dieses Verhältnis mit der Energie-Äquivalenz von 20 000, so resultiert daraus ein Brennstoff-Kostenverhältnis von 1 : 5, welches noch eine genügend grosse Marge für den Ausgleich von Schwankungen in den Gewinnungskosten einschliesst. Der Preis des Kernbrennstoffes erscheint daher im Vergleich zum klassischen Brennstoff Kohle als sehr billig.

Es muss hier aber auf einen grundsätzlichen Unterschied zwischen dem Kernbrennstoff und den

natürlichen, fossilen Brennstoffen aufmerksam gemacht werden. Während z. B. Kohle dem Kraftwerk nach Bedarf zugeführt werden kann, muss gleich zu Beginn das gesamte Uran in die Batterie eingeführt werden. Wenn nach der vorerwähnten Darstellung 1 % des natürlichen Urans verbraucht wird, und zwar in einer Zeitspanne von ungefähr 10 Jahren, so muss der gesamte Brennstoff für diese 10jährige Betriebszeit vor der Inbetriebnahme des Reaktors bereit gestellt werden. Die Speicherung des für eine 10jährige Betriebsdauer notwendigen Brennstoffes von Anbeginn an ist zu verantworten, wenn er pro produzierte kWh 5mal billiger ist als Kohle; immerhin ist sie eine Belastung.

Unter diesem Gesichtspunkt ist es naheliegend, das Atomkraftwerk mit einer hydraulischen, an einem Fluss mit gleichbleibender Abflussmenge gelegenen Zentrale zu vergleichen. In beiden Fällen hat man nach einer Initial-Investition keine jährlichen Auslagen für Betriebsstoff mehr zu gewärtigen.

Beurteilt man die Atomkraftwerke nach diesem ziemlich vereinfachten Schema, so ist dabei zu beachten, dass die Erneuerung einer solchen Zentrale viel früher fällig sein wird als für ein Wasserkraftwerk, wahrscheinlich schon nach 10 bis 20 Jahren statt erst nach deren 50.

Für die Verhältnisse in Frankreich wird folgende Rechnung angestellt: Mit einem Jahreszins von 4 % ist eine in 45 Jahren zu amortisierende, hydraulische Zentrale mit konstanter Leistung wirtschaftlich einem Atomkraftwerk gleichwertig, wenn letzteres für eine 10jährige Betriebsdauer 40 % oder für eine 20jährige Betriebsdauer 65 % des ersten kostet. Da die Kosten pro kW einer hydraulischen Zentrale mit konstanter Leistung rund 4mal höher geschätzt werden dürfen als diejenigen einer thermischen Zentrale, hätte die Atomkernzentrale dann ihre Daseinsberechtigung, wenn deren Kosten pro kW das 1,5fache der entsprechenden Kosten einer thermischen Zentrale gleicher Leistung bei 10jähriger Lebensdauer oder das 2,5fache bei 20jähriger Lebensdauer nicht übersteigen.

Diese Zahlen bewegen sich in der Größenordnung, die man sich für die zu erwartenden Kosten für Atomkernzentralen vorstellt. Trotz der doppelten Unsicherheit bezüglich der Kosten und der Lebensdauer sieht man, dass die zu erwartende Größenordnung der möglichen Selbstkosten sich mit denjenigen der heute üblichen Zentralen ohne weiteres vergleichen lässt.

Das vorstehende, klassische Schema des Vergleiches mit konstanter Wasserkraft ist sicher zu stark vereinfacht. Wenn es zur Not noch erlaubt, sich über die Größenordnung der Kosten Rechenschaft zu geben, so ist es dagegen vollkommen ungeeignet, um Schlüsse zu ziehen über den Einbezug der Atomzentralen in die Gesamtheit der jetzigen Erzeugung elektrischer Energie (hydraulische und thermische Anlagen).

In der Tat besteht ein wesentlicher Unterschied zwischen der Lebensdauer einer hydraulischen Zen-

trale und derjenigen eines Atomkraftwerkes. Die Lebensdauer eines Wasserkraftwerkes hängt nicht so sehr von der Energieerzeugung ab; es ist mehr die Zeit als die Arbeit, welche dessen Abnutzung bestimmt. Die Grenzkosten der kWh sind hier unbedeutend.

Dies wird aber nicht der Fall sein bei den Reaktoren, deren Lebensdauer an die Betriebsdauer der Batterie gebunden ist. Da die Kernreaktion proportional der erzeugten Energie ist, trägt jede erzeugte kWh dazu bei, die Lebensdauer der Batterie zu verkürzen. Umgekehrt wird die Batterie in Zeiten guter Wasserführung und grosser Disponibilitäten an Wasserkraft ruhen und in dieser Zeit nicht «altern».

Nicht nur die Zerstörung des Materials, sondern auch das Auftreten der Spaltprodukte führt dazu, dass nach einer gewissen Zeit die Batterie entweder ganz erneuert oder dann eine chemische Regeneration vorgenommen werden muss. In beiden Fällen sind die wirtschaftlichen Folgen dieselben, nämlich ein zusätzlicher Kostenanteil für jede produzierte kWh.

Der Vergleich einer Atomzentrale mit einem ständig in Betrieb stehenden Wasserkraftwerk mittels einfacher Hinweise auf den Preis pro kW und auf die Lebensdauer ist etwas zu summarisch. Es ist sehr wahrscheinlich, dass die dauernde Aufrechterhaltung einer bestimmten Reaktorleistung nebst einem von den zur Verfügung stehenden kW abhängigen Kapitalaufwand auch zusätzliche Auslagen im direkten Zusammenhang mit den effektiv erzeugten kWh erfordern wird. Die Selbstkosten werden also aus einem festen Anteil pro garantiertes kW und einem den effektiv erzeugten kWh proportionalen Anteil bestehen.

Die Atomzentralen haben aber vorteilhafte Eigenschaften, die zwischen jenen der Wasserkraftwerke und der thermischen Zentralen liegen: Leistungspreis höher als bei den thermischen, aber niedriger als bei den hydraulischen Zentralen, Arbeitspreis kleiner als bei den thermischen, aber grösser als bei den hydraulischen Kraftwerken.

Ein optimaler Selbstkostenpreis der Energie wäre durch einen zweckmässigen Einsatz aller drei Produktionsarten zu erreichen. Es wäre aber verfrüht, heute schon den Anteil der Atomenergie festzulegen, da diese Art der Energieerzeugung erst in ihren Anfängen steht.

Zum Schluss gelangt Ailleret zur Feststellung, dass selbst bei optimistischer Beurteilung des Entwicklungsrhythmus der Atomkraftwerke deren Leistung in Frankreich im Jahre 1975 5 % der Verbrauchsspitze kaum übertreffen wird. Wohl wird man anfängliche Auswirkungen auf Neuanlagen feststellen können. Aber die Neuanlagen fallen gegenüber der grossen Masse der bestehenden Werke nicht ins Gewicht, weshalb sich die Eingliederung der Energie des Atomkernes in die Energieerzeugung erst nach einer längeren Zeitspanne auf die Gesamtheit der Anlagen auswirken wird.

Beim Ergebnis einer Kapitalisierung fallen die entfernten Jahre nur in geringem Masse ins Gewicht. Deshalb — und das ist auch für die Schweiz

eine sehr wichtige Schlussfolgerung — zeigt eine genaue Berechnung, dass die Rendite eines heute gebauten Wasserkraftwerkes durch die Entwicklung der Atomkraftwerke kaum beeinflusst wird. Hingegen könnte dieser Einfluss in der Zukunft eine sehr grosse Bedeutung erlangen, ganz abgesehen davon, dass infolge einer nicht voraussehbaren Entwicklung, von der wir heute keine Ahnung haben, eine neue wirtschaftliche Situation sich ergeben könnte. Der Endeinsatz ist beträchtlich, da in verhältnismässig naher Zukunft der weitaus grösste Teil der nutzbaren Wasserkräfte ausgebaut sein wird und auch die Erdölreserven nicht unerschöpflich

sind. Dieser Einsatz rechtfertigt, dass alles für die Entwicklung dieses neuen technischen Gebietes unternommen wird, und dass Unternehmen wie die Electricité de France sich daran aktiv beteiligen.

Es erscheint kaum notwendig zu unterstreichen, dass diese Schlussfolgerungen auch für die Schweiz und ihre Elektrizitätsunternehmungen im vollen Umfange Gültigkeit haben. Sie lassen sich mit wenigen Worten darin zusammenfassen, dass der Ausbau unserer Wasserkräfte mit unvermindertem Einsatz fortgesetzt werden soll, unter gleichzeitiger Mitwirkung in der Forschung auf dem Gebiete der Nutzbarmachung der Atomenergie.

(Atel, Olten)

## Der Verwendungsgrad der elektrischen Energie in der Industrie

658.26 : 621.311.003

Die «Union pour l'étude du marché de l'électricité» (Unimarel) in Paris hat eine Untersuchung vorgenommen, die aufzeigen soll, in welchen Industriezweigen neue Möglichkeiten des Absatzes elektrischer Energie bestehen. Die ersten Ergebnisse können folgendermassen zusammengefasst werden:

1. Der Verwendungsgrad der elektrischen Energie in den verschiedenen Industriezweigen, dargestellt durch «spezifische Zahlen», die aus einem Vergleich zwischen dem Energieverbrauch und der industriellen Produktion jedes einzelnen Industriezweiges einerseits und der Anzahl der aufgewendeten Arbeitsstunden anderseits erhalten werden, variiert beträchtlich von einem Industriezweig zum andern. Diese Abweichungen sind vermutlich darauf zurückzuführen, dass die Elektrifizierung bei gewissen Industriezweigen im Rückstand ist, der aber durch vermehrte kommerzielle Anstrengungen zweifellos aufzuholen sein dürfte.

2. Abgesehen von kurzfristigen Schwankungen (sehr schwache industrielle Produktion in den Nachkriegsjahren) nimmt der Verbrauch elektrischer Energie, auf lange Sicht gesehen, in allen Industriezweigen zu. Im allgemeinen ist die Zunahme stärker beim Energieverbrauch als bei der industriellen Produktion. In dieser Hinsicht ist es interessant festzustellen, dass für die Gesamtheit der französischen Industrie die Anzahl der zur Erreichung einer industriellen Produktion im Werte von 1 Million franz. Franken notwendigen Arbeitsstunden von 1933 bis 1952 um 12 % abgenommen, während der hierzu nötige Energieverbrauch um 40 % zugenommen hat.

3. Studien über die Verwendungsarten der elektrischen Energie erfordern weitere ähnliche Untersuchungen über die anderen Energieformen. Der Prozess der Verdrängung der Kohle durch die Elektrizität scheint heute beinahe abgeschlossen zu sein, ausgenommen auf dem Gebiet der thermischen Anwendungen. Die Zunahme des Energieverbrauches dürfte also vor allem mit der Beschleunigung des Ersetzes menschlicher Arbeit durch mechanische Arbeit sowie mit der Ausbreitung der thermischen Anwendungen zusammenhängen. In diesem Anwendungsbereich steht aber die Elektrizität in Konkurrenz mit den Brennstoffen Kohle, Gas und Erdöl.

4. Ein erster Vergleich des Verwendungsgrades der elektrischen Energie in der französischen Industrie mit demjenigen in ähnlichen Industrien des Auslandes bestätigt, dass in Frankreich beträchtliche Entfaltungsmöglichkeiten vorhanden sind. •

In mehreren Ländern sind Arbeiten im Gange, um den Energieverbrauch pro hergestellte Produktionseinheit (spezifischer Verbrauch) zu ermitteln. Um den Verwendungsgrad der Elektrizität in der Industrie oder in einem Industriezweig zu bestimmen, scheint es nötig, die oben angeführten Angaben

durch weitere spezifische Zahlen zu ergänzen, die aus dem Vergleich zwischen einer den wirklichen Verbrauch oder die Möglichkeit der Verwendung elektrischer Energie darstellenden Grösse (Jahresverbrauch, installierte Leistung) und dem Produktionsumfang (Anzahl aufgewandter Arbeitsstunden, Anzahl Arbeiter) ermittelt werden.

Durch Vergleich der Ergebnisse aus den einzelnen Industriezweigen oder aus verschiedenen Betrieben innerhalb desselben Zweiges, auf nationaler wie auf internationaler Ebene, wird es möglich sein, einen allfälligen Rückstand eines Industriezweiges (oder einer einzelnen Unternehmung) gegenüber anderen, sowie die Ursachen dieses Rückstandes (wie z. B. die industrielle Struktur, die Rückwirkungen der Wirtschaftspolitik eines Landes, den technischen Ausbau, das Verhältnis der Anlagenkosten zu den Arbeitslöhnen) festzustellen. Zudem können die Bedingungen und die Aussichten der Weiterentwicklung der Elektrifizierung in gewissen Industriezweigen aufgezeigt werden.

Endzweck dieser Untersuchungen ist die Ermittlung der bis jetzt wenig ausgenutzten Absatzmöglichkeiten für die Elektrizität, um Anhaltspunkte zu gewinnen, die dem Industriellen gestatten werden, seine Anlagepolitik zu bestimmen, dem Elektrizitätswerk seine Bau- und Tarifpolitik festzulegen und dem Konstrukteur elektrischen Materials seine Fabrikation und seinen Verkauf zu organisieren.

### Entwicklung des Elektrizitätsverbrauches im Vergleich zur industriellen Produktion

Zur Klärung dieser Frage wurde zunächst der registrierte Energieverbrauch jedes Industriezweiges mit der industriellen Produktion dieses Zweiges in Beziehung gebracht. Theoretisch bildet das Verhältnis des Elektrizitätsverbrauches zur Zahl der hergestellten Erzeugnisse eines der besten Kriterien für den Elektrifizierungsgrad. Die Festsetzung dieser «Zahl» verursacht aber einige Schwierigkeiten, sobald es sich um eine vielfältige Produktion handelt. Solche Schwierigkeiten können überwunden werden, indem man nach allgemein feststellbaren

Bezugsgrössen, wie z. B. der verwendeten Rohstoffmenge, sucht. Diese Methode verunmöglicht jedoch jeden Vergleich zwischen Industriezweigen; sie eignet sich aber auch kaum zur Schätzung des Elektrifizierungsgrades der Industrie. Ein gemeinsames Kriterium für alle Industriezweige ist zu erstreben, wie z. B. der Franken, der einen allgemein gültigen Maßstab bildet. Es wäre jedoch selbst bei einem stabilen Franken illusorisch, die Veränderungen der von jedem Industriezweig erzielten Warenumsätze berücksichtigen zu wollen, denn diese spiegeln nicht die ausschliessliche Tätigkeit der einzelnen Zweige wieder; sie enthalten implizite auch die Umsätze der diese Zweige beliefernden Rohmaterialindustrien. Das gemeinsame, in Franken ausgedrückte Kriterium, müsste für jede Industriegruppe ein Mass für die Werterhöhung (Umsatz vermindert um die Ankäufe aus anderen Industriezweigen, enthaltend hauptsächlich die Kosten für Arbeitslöhne und den Kapitalertrag) im Vergleich zum Wert der verarbeiteten Rohstoffe sein.

In diesem Zusammenhang schien es zweckmässig, als Mass für die Produktivität das jährliche Volumen der Erzeugung jedes Industriezweiges zu wählen.

#### **Entwicklung des Verbrauches in Bezug auf die Arbeitslöhne**

Die Schwankungen des Verbrauches, bezogen auf die Arbeitslöhne, können nach verschiedenen Gesichtspunkten untersucht werden: Gesamter Personalbestand dieses oder jenes Industriezweiges, Zahl der Arbeiter oder Zahl der aufgewendeten jährlichen Arbeitsstunden. Unter diesen Bezugsgrössen ist der letzteren der Vorzug zu geben, denn sie entspricht unmittelbar dem Arbeitsaufwand. Die Ergebnisse zeigen, dass der spezifische Verbrauch pro Arbeitsstunde von einem Industriezweig zum andern im Verhältnis von 1 zu 100 variieren kann. Der Vergleich der oben genannten Angaben über die Arbeitslöhne mit der industriellen Produktion (hierzu ist zu bemerken, dass der Vergleich «Arbeitslöhne zu Produktion» nicht ganz richtig ist, weil die ersten eher theoretischer Natur sind, während die Produktion eine wirkliche ist) liefert aufschlussreiche Zahlen über den Gesamtaufwand an Arbeitslöhnen in den verschiedenen Industriezweigen. Von diesem Standpunkt aus wäre das zu berücksichtigende Kriterium ein Index der Form «Arbeitsstunden pro Produktionseinheit». Die Abnahme der Anzahl Arbeitsstunden pro Produktionseinheit ist zum grossen Teil auf den Fortschritt der Elektrifizierung zurückzuführen, derzu folge die menschliche Arbeit in steigendem Masse durch elektrische Arbeit ersetzt wird. Dies trifft jedoch für die «handgearbeiteten» Erzeugnisse nicht zu, die bei geringerem Elektrizitätsverbrauch notgedrungen mehr «direkte» Arbeitslöhne erfordern. In dieser Hinsicht ist es bemerkenswert festzustellen, dass die Herstellung von Kunstfasern drei- bis viermal mehr elektrische Energie als die Fabrikation von Seiden- und Kunstseidengeweben erfordert, um einen gleichen Verkaufswert der Produktion zu er-

zielen, während hierzu kaum mehr als die Hälfte Arbeitsstunden nötig sind.

#### **Entwicklung des Verbrauches bei den verschiedenen Energieformen**

Eine gründliche Analyse der untersuchten Ursachen der Entwicklung erfordert, soweit möglich, die Kenntnis der Entwicklung des Bedarfes an anderen Energieträgern in jedem Industriezweig. Der Kohlenverbrauch nimmt regelmässig zu, wenn auch nicht im gleichen Masse wie die andern Energieträger. Man kann sagen, dass die Verdrängung der Kohle durch die Elektrizität auf dem Gebiete der Kraft sozusagen vollendet ist; sie schreitet indessen bezüglich der thermischen Anwendungen weiter. Es ist einleuchtend, dass zur eingehenderen Behandlung dieser Frage eine feinere Diskriminierung des Energieverbrauches nach Verwendungsart erforderlich ist: chemische Anwendungen (jede Energieform hat ihre besonderen Anwendungen), industrielle Wärme (hier sind alle Energieformen in Wettbewerb) und mechanische Anwendungen.

#### **Erste internationale Ergebnisse**

Auf internationaler Ebene erweist sich diese Studie noch bedeutend schwieriger. Die Ergebnisse stellen nur Mittelwerte dar, aus denen man schwerlich Schlussfolgerungen ziehen kann. Wenn z. B. in einem bestimmten Lande die grossen industriellen Energieverbraucher sich ausdehnen, so nimmt der mittlere Verbrauch pro Arbeiter stark zu, ohne dass daraus auf eine Erhöhung des Verwendungsgrades der Elektrizität in der Gesamtindustrie geschlossen werden könnte. Auf Verlassung der «Unimarel» und nach einem von dieser aufgestellten Programm hat die «Unipède» eine internationale Untersuchung über den Verwendungsgrad der Elektrizität in der Industrie unternommen. Solche Untersuchungen werden sich jedoch auf eine lange Zeit erstrecken müssen und es wird eine gründliche und ins Einzelne gehende Analyse der industriellen Produktion nötig sein, um festzustellen, in welchem Masse die Abweichungen zwischen den einzelnen Industriezweigen und zwischen den verschiedenen Ländern nicht auf eine abweichende Modernisierungsstufe, sondern auf strukturelle Unterschiede der industriellen Produktion (z. B. Art der Erzeugnisse, vertikale Konzentration der Industrie usw.) sowie des Energieverbrauches (Elektrizität, Kohle usw.) für thermische, mechanische, chemische und andere Zwecke zurückzuführen sind.

#### **Schlussfolgerungen**

Es ist klar, dass eine Untersuchung über den Elektrifizierungsgrad der Industrie, die sich auf einer einzigen Bezugsgrösse, den «Energieverbrauch» stützt, nicht alle erwünschten Aufschlüsse geben kann, vor allem in Bezug auf die Analyse der Entwicklungsmöglichkeiten der verschiedenen elektrischen Geräte und die Ermittlung der potentiellen Absatzmärkte, die diese Geräte darstellen. Es scheint vielmehr nötig, hierzu die bereits erwähnten Parameter (industrielle Produktion, Arbeitslöhne) mit der

installierten Leistung (Anzahl, Art und Anschlusswert der verwendeten elektrischen Apparate) in jedem Industriezweig und für die hauptsächlichsten Anwendungen zu vergleichen. Somit wird sich die Untersuchung, unter dem doppelten Gesichts-

punkt des Verbrauches und der installierten Leistung, einer eingehenderen Analyse einzelner Industriezweige und ihrer Stellung in Bezug auf die andern Industrien des Inlandes sowie auf ähnliche Industriezweige des Auslandes zuwenden müssen.

(Dr. R. M.)

## Die Einhaltung der Nullungsbedingungen in elektrischen Verteilnetzen

Von W. Frei, Amriswil

621.3.053.24 : 621.316.1

*Es wird eine einfache und erprobte Messmethode beschrieben, mit deren Hilfe an jeder Stelle eines genullten Verteilungsnetzes, der Erdschlußstrom, sowie die Berührungsspannung bestimmt werden können. Am Beispiel des Verteilungsnetzes der Gemeinde Amriswil wird die Anwendung dieser Methode praktisch gezeigt.*

*L'auteur expose une méthode de mesure simple et éprouvée permettant de déterminer en chaque point d'un réseau de distribution mis au neutre le courant de défaut à la terre d'une part, et la tension qui s'établit entre les boîtiers d'appareils et la terre en cas de défaut à la terre d'autre part. Un exemple, concernant le réseau de la commune d'Amriswil, illustre l'emploi de cette méthode.*

Die Einhaltung der Sicherheitsbestimmungen für die Nullung von Verteilnetzen ist bei Netzen mit längeren Leitungen oft recht schwierig. In der Regel wird der Strom, der bei direkter Verbindung des Netznulleiters mit dem Polleiter entsteht (Erdschlußstrom bzw. kombinierter Erdschluß-Kurzschlußstrom) und mit ihm auch die zulässige Absicherung berechnet. Wo immer möglich sollten die vorgeschalteten Sicherungen bei einem Erdschluss auf der Freileitung innert kürzester Zeit (max. 5 s) durchschmelzen. Wenn diese Bedingung nicht eingehalten werden kann, muss die Berührungsspannung unter 50 V gehalten werden. Die Berührungsspannung ist aber kaum mit befriedigender Genauigkeit zu berechnen; eine Messung dürfte leichter zum Ziele führen und einwandfreien Aufschluss über die Verhältnisse im Netz geben.

Praktisch werden in der Regel bei Netzen, die genullt werden müssen, zunächst nach Erfahrung die notwendigen Erdungen für den Netznulleiter erstellt und gemessen. Die Erdschlußströme (Kurzschlußströme) werden alsdann berechnet und der Netznulleiter je nach den Verhältnissen durch einen Leiter ersetzt, dessen Querschnitt gleich oder sogar stärker als derjenige des Polleiters ist. Nachdem das Netz so für die Nullung vorbereitet ist, werden Messungen vorgenommen. Bei bestehenden genullten Netzen sind solche Messungen als Nachkontrolle zu empfehlen. Für die Messungen stehen heute verschiedene Modelle von kombinierten Instrumenten zur Verfügung. Es ist jedoch möglich, ohne diese Instrumente auszukommen.

Eine einfache und nach den damit gemachten Erfahrungen zuverlässige Messmethode soll hier allgemein zur Diskussion gestellt werden. Diese Methode gestattet, ohne Kenntnis von Länge und Querschnitt der Leitungen, deren Kurzschluss- und Erdschlußströme zu berechnen und die Widerstands-werte zu ermitteln. Sie erlaubt auch, die Berührungsspannung festzustellen.

Im Prinzip besteht diese an sich bekannte Methode darin, bei künstlicher Belastung zwischen

Pol- und Nulleiter in einem Punkte des Netzes den durch diese Belastung verursachten Spannungsabfall zu messen, um mit dessen Hilfe vom gemessenen

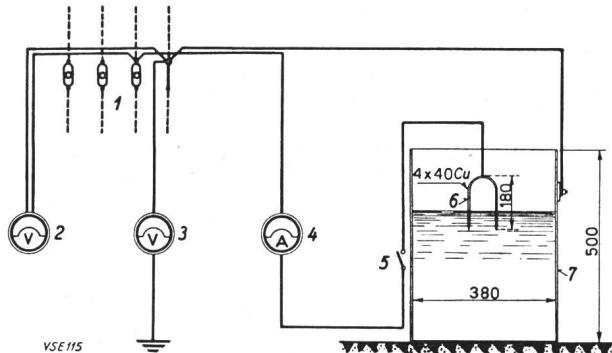


Fig. 1  
Schema der Messanordnung

1 Hauptsicherung eines Gebäudes; 2 Messung des Spannungsabfalls; 3 Messung der Spannung des Nulleiters gegen Erde; 4 Messung des Belastungsstromes; 5 Schalter; 6 Elektrode; 7 Behälter

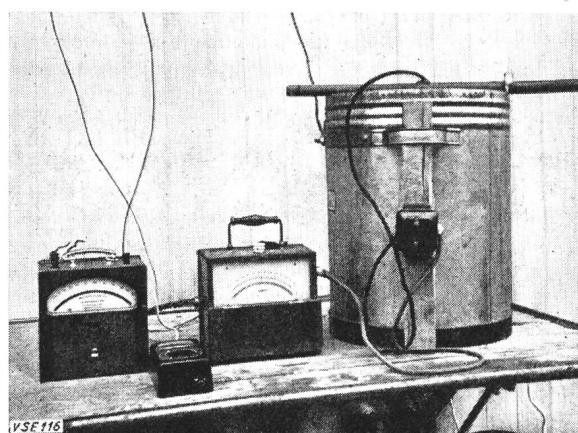


Fig. 2  
Ansicht der Messeinrichtung

Strom auf den an diesem Punkte zu erwartenden Erdschluß- bzw. Kurzschlußstrom zu schliessen. Fig. 1 veranschaulicht das Schema der Messanordnung und Fig. 2 eine praktische Ausführung davon.

Bei der dargestellten Anordnung besteht der Belastungswiderstand aus einem mit Salzwasser ge-

fülltem Blechkessel, in welchen eine Kupferelektrode taucht. Der Kessel wird an den Netznulleiter, die Elektrode über einen einpoligen Schalter und ein Ampèremeter an den Polleiter angeschlossen. Der Kessel kann in seiner Grösse stark variieren, ebenso die U-förmige Elektrode, die aus einem Stück Kupferschiene besteht und mehr oder weniger tief in den Kessel eingetaucht wird. Die Elektrode ist so gesichert, dass sie dem Kesselboden nicht zu nahe kommen kann. Der Kessel wird je nach den Verhältnissen zu einem Drittel bis zur Hälfte mit Wasser gefüllt, und dem Wasser wird Salz beigegeben bis die Leitfähigkeit genügend ist. Ein Voltmeter ist an den gleichen Klemmen der Hauptsicherung angeschlossen; ein zweites Voltmeter wird zwischen dem Netznulleiter und einem Erdpfahl, der in einiger Distanz vom Gebäude in die Erde eingeschlagen wird, eingeschaltet. Die Spannungsmessungen können mit einem einzigen Voltmeter ausgeführt werden, wenn dieses mehrere Messbereiche aufweist; in diesem Falle ist ein Voltmeterumschalter zweckmässig.

Für die Messung wird die Leitung belastet, indem der Schalter geschlossen und die Elektrode langsam gesenkt wird, bis der Spannungsabfall etwa 5 bis 10 % der Netzzspannung erreicht. Bei dieser Belastung werden die Instrumente abgelesen. Sodann wird der Schalter geöffnet und die Netzzspannung abgelesen. Damit ergibt sich der Spannungsabfall bei der gemessenen Stromstärke als Differenz zwischen der Netzzspannung und der bei Belastung abgelesenen Spannung. Die bei Belastung gemessene Spannung zwischen dem Netznulleiter und dem in die Erde getriebenen Metallpfahl ist ein Mass für die Berührungsspannung.

Bezeichnet man mit  $J_b$  den bei Belastung gemessenen Strom,  $U_b$  die dabei gemessene Spannung an den Klemmen,  $U_e$  die gemessene Spannung des

Nulleiters gegen Erde,  $U_o$  die nach Öffnen des Schalters gemessene Spannung und  $U_n$  die Nennspannung des Netzes, so können die gesuchten Werte wie folgt berechnet werden:

Für den Spannungsabfall gilt

$$U_a = U_o - U_b \quad (1)$$

Der im Messpunkt zu erwartende Erdschluss- bzw. Kurzschlussstrom  $J_k$  ist dann

$$J_k = J_b \cdot \frac{U_n}{U_a} \quad (2)$$

Für die Berührungsspannung  $U_c$  bei Erdschluss ergibt sich

$$U_c = U_e \cdot \frac{J_k}{J_b} = U_e \cdot \frac{U_n}{U_a} \quad (3)$$

Für die Berechnung des Erdschlusstroms  $J_k$  (Formel 2) ist die Nennspannung  $U_n$  eingesetzt worden, und zwar auf Grund folgender Überlegung: Am Leitungsende ist die Spannung  $U_o$  meistens kleiner als  $U_n$ , weil längs der Leitung verschiedene Energieverbraucher in Betrieb stehen. Dementsprechend dürfte der wirkliche Erdschlusstrom am Leitungsende wohl etwas kleiner ausfallen als der nach Formel (2) berechnete. Um den wirklichen Wert im Moment der Messung zu erhalten, müsste in Formel (2)  $U_n$  durch  $U_o$  ersetzt werden. Der Erdschlussstrom, der die Strangsicherung im Transformator durchfliesst, ist aber um die Belastung durch die angeschlossenen Verbraucher grösser als derjenige am Leitungsende, weshalb es angezeigt scheint, doch die Nennspannung in die Formel einzusetzen. Die Berechnung des Widerstandes auf Grund der Messungen bestätigt übrigens die Richtigkeit dieser Überlegung.

In Tabelle I sind die Ergebnisse einiger im Verteilnetz der Gemeinde Amriswil ausgeführten Mes-

Tabelle I

Transformatoren-station	Strang	Abonnent, Strasse, Nr.	Spannung			Strom		Max. zulässige Sicherung A	Strang-Sicherung A	Berührungsspannung	
			$U_o$ V	$U_b$ V	$U_a$ V	$J_b$ A	$J_k$ A			$U_e$ V	$U_c$ V
Kirche	St. Gallerstr.	Joh. Laib	204	194	10	40	880	320	250	3,0	66
Kirche	Giezenhaus	Höhener, Giezenhaus	216	197	19	20	231	84	150	2,0	23,1
Sallmann	Quellenstr.	Meili, Räuchlisbergerhalde	216	196	20	20	220	80	400	2,0	22
Sallmann	Quellenstr.	Sauna, Quellenstrasse	217	209	8	40	1100	400	400	2,2	60,5
Sallmann	Quellenstr.	Harmonie, Weinfelderstr.	216	203	13	20	338	123	400	2,8	47,3
Sallmann	Quellenstr.	Bernegger, Grenzstrasse 1	218	207	11	20	400	145	400	0,9	18,0
Sallmann	Weinfelderstr.	Häberli, Untere Grenzstr. 17	216	204	12	20	367	133	160	2,0	36,7
Mühlebach	Schrofen	Verteilkabine	213	199	14	20	314	114	160	2,5	39,3
Mühlebach	Schrofen	Geissberger, Schrofen 42	209	185	24	20	183	66	80	5,0	45,8
Mühlebach	Schrofen	Göldi, Eichmühle	216	183	33	20	133	48	80	5,3	35,2
Mühlebach	Obermühle	Ott, Sonnenhügel	222	199	23	20	191	69	160	4,0	38,2
Mühlebach	Obermühle	Thurnheer, Obermühle	220	198	22	20	200	73	160	3,4	34,0
Mühlebach	Obermühle	Meierhans, Weinfelderstr.	220	210	10	20	440	160	160	2,3	50,6
Mühlebach	Köplishaus	Brugger, Weinfelderstr. 2	220	195	25	20	176	64	160	6,5	57,2
Mühlebach	Köplishaus	Hugentobler, Tellen 5	220	204	16	20	275	100	160	3,0	41,3
Mühlebach	Köplishaus	Rüttimann, Breitenbach	217	197	20	20	220	80	160	2,2	24,2
Rüti	Sommeri I	Trippel, Fabrik	214	199	15	40	587	213	150	1,1	16,1
Rüti	Sommeri II	Trippel, Wohnung	217	192	25	40	352	128	150	2,0	17,6
Schulhaus	Freiestrasse	Wehrli, Rüti strasse 26	209	198	11	20	400	145	100	0,25	5,0
Schulhaus	Rennweg	Robiani, Rennweg	211	205	6	20	733	266	200	1,4	51,3
Stähelin-Mohn	Romans-hornerstr.	Graf, Romanshornerstr. 192	212	202	10	20	440	160	150	2,3	50,6

Tabelle II

Strang	Messpunkt	Spannung			Strom		Max. zulässige Sicherung A	Strang- oder Gruppensicherung A	Berührungsspannung	
		$U_a$ V	$U_b$ V	$U_c$ V	$J_b$ A	$J_k$ A			$U_e$ V	$U_c$ V
I	A	226	192	34	20	129	47	40	4,0	25,8
I	B	225	188	37	20	119	43	40	3,2	19,04
I	C	227	186	41	20	107	39	40	4,05	21,67
I	D	228	200	28	20	157	57	60	5,8	45,53
II	E	223	183	40	20	110	40	40	5,1	28,05
III	F	218	205	13	30	508	185	100	3,0	50,77
III	G	222	208	14	20	314	114	100	2,8	44

sungen zusammengefasst. Am Strang Obermühle der Transformatorenstation Mühlebach wurden anlässlich einer Übung des Elektrokorps der Feuerwehr, das aus Monteurpersonal des Werkes besteht, Versuche durchgeführt. Über ältere einpolige Hochspannungstrenner wurden Erdschlüsse (Kurzschlüsse zwischen Polleiter und Netznulleiter eingeleitet. Bei diesen Erdschläßen, die jeweils nach 5 Sekunden durch Öffnen der Trenner unterbrochen wurden, zeigte es sich, dass die mit dem einfachen Messverfahren ermittelten Werte mit der Wirklichkeit recht gut übereinstimmen.

Das Ergebnis der Messungen zeigt wie nötig es ist, so bald als möglich durch Unterteilen der Stränge dafür zu sorgen, dass auf dem ganzen Verteilnetze die Schmelzeinsätze der Strangsicherungen in jedem Falle bei einem Erdenschluss, wenn vielleicht nicht innert 5 Sekunden, so doch aber längstens innert einer Minute, durchschmelzen. Die starke Absicherung des Stranges Quellenstrasse ist darauf zurückzuführen, dass es notwendig wurde, auf der Freileitung den unteren und den oberen Strang parallel zu schalten. Es ist nun vorgesehen, am Ende des Doppelstranges eine Zwischenverteilkabine aufzustellen, die in späterer Zukunft nach Bedarf durch eine Transformatorenstation ersetzt werden kann.

Es schien richtig, hier Werte anzuführen, wie sie in der Praxis vorkommen. Deshalb sind in Tabelle I nur wenige Stränge berücksichtigt, die zum Teil die ungünstigsten Fälle des Verteilnetzes Amriswil darstellen. Der Netznulleiter ist auf diesen Strängen, wie übrigens auf dem ganzen Verteilnetze, in Abständen von 300 bis 500 m mit dem Wasserleitungsnetz verbunden.

Tabelle II zeigt das Ergebnis von Messungen in einem andern Verteilnetz, das in einer schwach besiedelten Gegend rund 50 Liegenschaften speist. Die-

ses Netz weist Freileitungsstränge bis 2 km Länge auf und die Drahtdurchmesser betragen 6 bis 4 mm. In einigen wenigen Punkten konnte der Netznulleiter nicht an das gemeinsame Wasserleitungsnetz angeschlossen werden. Es standen aber überall Wasserleitungen von wenigstens 200 m Länge als Erd-elektroden zur Verfügung. In den Freileitungssträngen sind zum Teil Sicherungen auf den Masten angebracht worden. Der Netznulleiter ist in allen Hauptsträngen stärker dimensioniert als die zugehörigen Polleiter, um einerseits die Berührungsspannung tief zu halten und andererseits den Erdschlußstrom zu erhöhen. Die eingebauten Schmelzeinsätze wurden auf Grund der Resultate der Berechnung der Anlage festgelegt, wobei gleichzeitig auf die praktisch vorkommende Belastung Rücksicht genommen werden musste. Aus der Tabelle II ist zu ersehen, dass dieses schwach dimensionierte Netz heute in jeder Beziehung die Nullungsbedingungen erfüllt.

Auch in nicht genullten Netzen ist es erwünscht, dass die Sicherungen bei einem Kurzschluss zwischen Polleiter und Netznulleiter (Erdschluss) durchschmelzen. Es sind Fälle bekannt, bei denen Schaden eintrat, weil auf längeren Spannweiten Drahtverwicklungen zwischen Pol- und Netznulleiter entstanden. So kam der Netznulleiter auf ein Potential, das zwischen der defekten Stelle und dem Strangende beinahe dasjenige des betroffenen Polleiters erreichte. Die Objekte, die am Strangende zwischen einem ungestörten Polleiter und dem Netznulleiter angeschlossen waren, wurden zum Teil durch die zu hohe Spannung beschädigt.

Mit der beschriebenen Methode kann auch in diesen Netzen die Stromstärke ermittelt werden, die bei einem Erdenschluss zu erwarten ist.

#### Adresse des Autors:

W. Frei, Betriebsleiter der Technischen Gemeindebetriebe Amriswil.

## Wirtschaftliche Mitteilungen

### Erzeugung und Verwendung elektrischer Energie in Portugal im Jahre 1953

[Nach: Repartidor nacional de cargas, Relatório e estatística anual 1953]

31 : 621.311(469)

Dem Jahresbericht 1953 des «Repartidor nacional de cargas», dessen angeschlossene Werke 93% der gesamten Er-

zeugung elektrischer Energie Portugals decken, ist zu entnehmen, dass das Jahr 1953 eher trocken war, im Gegensatz zu den Jahren mittlerer Wasserführung 1946 und 1952 und zu den sehr trockenen Jahren 1944, 1945 und 1949.

Die thermische Erzeugung war somit während sieben aufeinanderfolgender Monate (Mai bis Oktober) bedeutend, was darin zum Ausdruck kommt, dass sie insgesamt 26% des

**Aus den Geschäftsberichten schweizerischer Elektrizitätswerke***(Diese Zusammenstellungen erfolgen zwanglos in Gruppen zu vieren und sollen nicht zu Vergleichen dienen)*

Man kann auf Separatabzüge dieser Seite abonnieren

	Elektrizitätswerk Aarau		Elektrizitätswerk Chur		Elektra Baselland Liestal		Gesellschaft des Aare- und Emmenkanals Solothurn	
	1952	1951	1952	1951	1953	1952	1952	1951
1. Energieproduktion . . . kWh	105 719 000	107 061 350	81 518 000	71 449 000	58 000	40 000	2 728 780	2 795 250
2. Energiebezug . . . kWh	3 890 950	2 664 150	2 027 000	1 467 000	129 721 000	117 542 000	330 752 309	339 603 602
3. Energieabgabe . . . kWh	109 609 950	109 725 500	81 762 650	71 089 720	124 437 000	112 700 000	333 481 089	342 398 852
4. Gegenüber Vorjahr . . . %	— 0,1	+ 21,3	115	101	+ 10	— 5	— 2,6	+ 18,6
5. Davon Energie zu Ab- fallpreisen . . . . . kWh	—	—	44 423 000	36 420 000	7 274 000	5 667 000	48 532 427	64 307 814
11. Maximalbelastung . . . kW	17 000	16 000	14 330	14 800	26 000	24 000	63 748	60 953
12. Gesamtanschlusswert . . . kW	146 055	140 266	53 755	51 174	182 900	168 700	210 060	197 760
13. Lampen . . . . . { Zahl	210 410	204 331	104 913	102 725	236 000	226 000	292 400	281 000
kW	9 238	8 816	4 444	4 350	10 700	10 200	11 200	10 700
14. Kochherde . . . . . { Zahl	9 952	9 447	1 609	1 505	9 519	8 689	8 730	8 000
kW	62 297	59 007	11 227	10 456	60 000	54 400	50 180	45 300
15. Heisswasserspeicher . . . kW	6 714	6 403	4 448	4 236	6 605	5 840	11 320	10 550
17 372	16 914	5 204	4 796	13 300	11 900	11 970	10 840	
16. Motoren . . . . . { Zahl	10 893	10 706	4 871	4 534	22 132	20 081	18 070	17 100
kW	20 796	20 404	8 129	7 661	43 000	40 000	28 200	27 200
21. Zahl der Abonnemente . . .	27 631	26 986	17 392	16 961	14 639	14 314	21 994	21 063
22. Mittl. Erlös p. kWh Rp./kWh	3,92	3,72	7,73 <sup>1)</sup>	7,65 <sup>1)</sup>	—	—	—	—
<i>Aus der Bilanz:</i>								
31. Aktienkapital . . . . Fr.	—	—	—	—	—	—	3 000 000	3 000 000
32. Obligationenkapital . . .	—	—	—	—	—	—	2 500 000	2 500 000
33. Genossenschaftsvermögen .	—	—	—	—	—	—	—	—
34. Dotationskapital . . . .	4 063 000	4 063 000	13 860 346	13 910 905	—	—	—	—
35. Buchwert Anlagen, Leitg. .	7 564 042	7 032 106	12 689 817	12 955 570	1 690 002	2 150 002	5 157 597	4 484 093
36. Wertschriften, Beteiligung .	9 091 000	9 091 000	—	—	1 973 003	1 973 004	27 003	27 003
37. Erneuerungsfonds . . . .	5 862 637	5 262 810	320 159	173 532	980 000	890 000	600 000	570 000
<i>Aus Gewinn- und Verlustrechnung:</i>								
41. Betriebseinnahmen . . . Fr.	4 357 388	4 144 130	3 334 176	2 997 921	1 840 501	1 636 976	—	—
42. Ertrag Wertschriften, Be- teiligungen . . . .	—	—	—	—	67 450	60 325	—	—
43. Sonstige Einnahmen . . .	72 445	70 474	7 421	6 969	143 169	142 149	—	—
44. Passivzinsen . . . .	213 307	213 307	680 411	683 789	49 066	41 979	114 056	97 052
45. Fiskalische Lasten . . . .	171 070	197 728	138 392	137 924	134 360	124 985	111 617	89 454
46. Verwaltungsspesen . . . .	646 738	637 204	214 406	212 958	293 024	284 123	—	—
47. Betriebsspesen . . . .	1 322 491	1 217 917	728 563	661 425	232 915	385 730	—	—
48. Energieankauf . . . .	286 561	236 915	98 492	71 402	—	—	—	—
49. Abschreibg., Rückstell'gen .	1 420 909	1 259 839	626 000	391 000	1 218 448	898 241	590 000	505 000
50. Dividende . . . . .	—	—	—	—	—	—	150 000	150 000
51. In % . . . . .	—	—	—	—	—	—	5	5
52. Abgabe an öffentliche Kassen . . . . .	515 299	607 745	855 333	846 392	—	—	—	—
<i>Übersicht über Baukosten und Amortisationen</i>								
61. Baukosten bis Ende Be- richtsjahr . . . . . Fr.	26 532 542	25 300 606	18 299 444	18 250 197	14 266 039	13 817 592	—	—
62. Amortisationen Ende Be- richtsjahr . . . . .	18 968 500	18 268 500	5 609 627	5 294 627	12 576 037	11 667 590	—	—
63. Buchwert . . . . .	7 564 042	7 032 106	12 689 817	12 955 570	1 690 002	2 150 002	5 157 597	4 484 093
64. Buchwert in % der Bau- kosten . . . . .	28,5	27,8	69,35	70,99	12	16	—	—

<sup>1)</sup> exkl. Überschussenergie

## Energiestatistik

### der Elektrizitätswerke der allgemeinen Elektrizitätsversorgung

Bearbeitet vom eidgenössischen Amt für Elektrizitätswirtschaft und vom Verband Schweizerischer Elektrizitätswerke

Die Statistik umfasst die Energieerzeugung aller Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte, die über Erzeugungsanlagen von mehr als 300 kW verfügen. Sie kann praktisch genommen als Statistik *aller* Elektrizitätswerke für Stromabgabe an Dritte gelten, denn die Erzeugung der nicht berücksichtigten Werke beträgt nur ca. 0,5% der Gesamterzeugung.

Nicht inbegriffen ist die Erzeugung der Schweizerischen Bundesbahnen für Bahnbetrieb und der Industriekraftwerke für den eigenen Bedarf. Die Energiestatistik dieser Unternehmungen erscheint jährlich einmal in dieser Zeitschrift.

Monat	Energieerzeugung und Bezug												Speicherung				Energieausfuhr	
	Hydraulische Erzeugung		Thermische Erzeugung		Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken		Energie-Einfuhr		Total Erzeugung und Bezug		Veränderung gegen Vorjahr	Energieinhalt der Speicher am Monatsende	Änderung im Berichtsmonat — Entnahme + Auffüllung					
	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54		1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	
	in Millionen kWh												%	in Millionen kWh				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober ...	858	897	4	12	39	32	35	26	936	967	+ 3,3	1283	1369	+ 66	- 43	81	100	
November ...	820	797	1	17	27	19	40	101	888	934	+ 5,2	1244	1183	- 39	- 186	74	67	
Dezember ...	857	719	2	34	24	18	57	192	940	963	+ 2,5	1107	872	- 137	- 311	81	61	
Januar ....	835	699	4	27	21	21	93	221	953	968	+ 1,6	772	596	- 335	- 276	79	51	
Februar ....	723	636	4	33	20	16	98	213	845	898	+ 6,3	447	324	- 325	- 272	67	51	
März ....	773	701	2	17	23	19	87	166	885	903	+ 2,1	252	187	- 195	- 137	69	46	
April ....	850	807	1	5	30	24	17	73	898	909	+ 1,2	285	146	+ 33	- 41	111	69	
Mai .....	954		3		34		17		1008			520		+ 235		158		
Juni .....	1028		1		53		20		1102			829		+ 309		185		
Juli .....	1092		1		48		10		1151			1269		+ 440		223		
August ....	1075		1		48		5		1129			1391		+ 122		226		
September ..	904		7		47		7		965			1412 <sup>4)</sup>		+ 21		145		
Jahr .....	10769		31		414		486		11700							1499		
Okt.-März ..	4866	4449	17	140	154	125	410	919	5447	5633	+ 3,4					451	376	

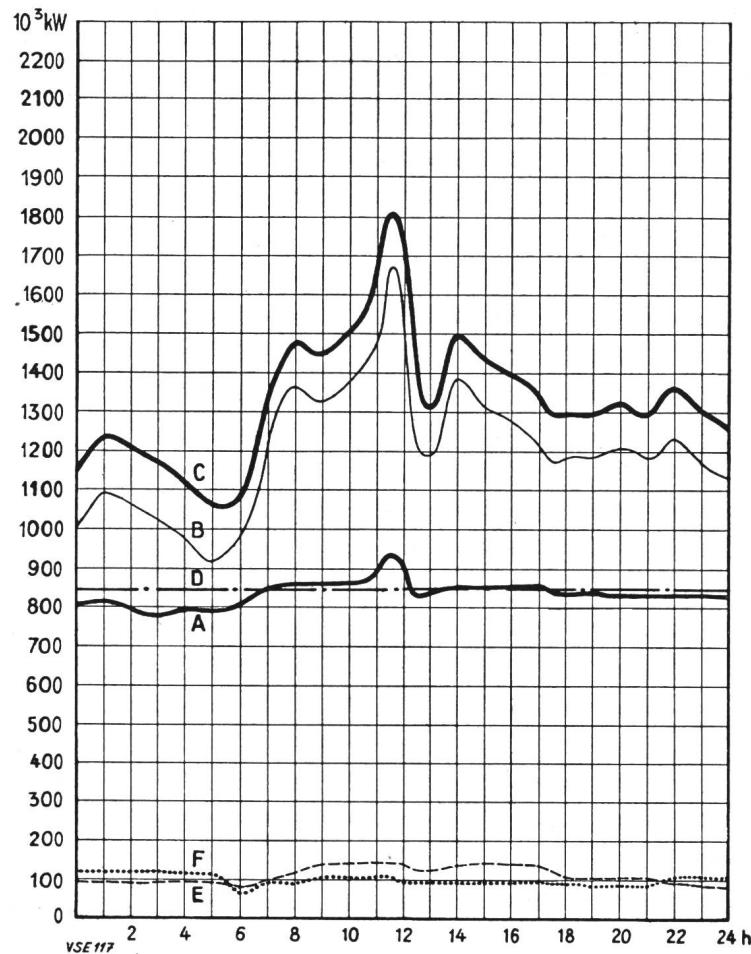
Monat	Verwendung der Energie im Inland																Inlandverbrauch inkl. Verluste	
	Haushalt und Gewerbe		Industrie		Chemische, metallurg. u. thermische Anwendungen		Elektrokessel <sup>1)</sup>		Bahnen		Verluste und Verbrauch der Speicher-pumpen <sup>2)</sup>		ohne Elektrokessel und Speicherpump.	Veränderung gegen Vorjahr <sup>3)</sup> %	mit Elektrokessel und Speicherpump.			
	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54	1952/53	1953/54		
	in Millionen kWh																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
Oktober ...	370	394	147	162	120	112	35	24	55	43	128	132	810	834	+ 3,0	855	867	
November ...	379	411	141	161	99	101	23	10	58	58	114	126	785	851	+ 8,4	814	867	
Dezember ...	407	435	141	166	104	97	25	4	64	67	118	133	830	895	+ 7,8	859	902	
Januar ....	417	445	150	164	105	96	14	5	65	71	123	136	857	907	+ 5,8	874	917	
Februar ....	372	407	138	158	93	91	8	4	61	63	106	124	769	839	+ 9,1	778	847	
März ....	382	404	145	160	106	106	10	5	64	61	109	121	802	847	+ 5,6	816	857	
April ....	340	379	131	148	125	125	39	22	45	56	107	110	740	813	+ 9,9	787	840	
Mai .....	339		133		118		97		41		122		741				850	
Juni .....	330		136		122		151		44		134		749				917	
Juli .....	326		136		126		156		50		134		757				928	
August ....	336		133		127		135		46		126		756				903	
September ..	355		147		114		42		41		121		770				820	
Jahr .....	4353		1678		1359		735		634		1442		9366				10201	
Okt.-März ..	2327	2496	862	971	627	603	115	52	367	363	698	772	4853	5173	+ 6,6	4996	5257	

<sup>1)</sup> D. h. Kessel mit Elektrodenheizung.

<sup>2)</sup> Die in Klammern gesetzten Zahlen geben den Verbrauch für den Antrieb von Speicherpumpen an.

<sup>3)</sup> Kolonne 15 gegenüber Kolonne 14.

<sup>4)</sup> Energieinhalt bei vollen Speicherbecken: Sept. 1953 = 1555 Mill. kWh.



Tagesdiagramme der beanspruchten Leistungen,  
Mittwoch, den 14. April 1954

**Legende:**

1. Mögliche Leistungen:	$10^3 \text{ kW}$
Laufwerke auf Grund der Zuflüsse (0—D)	845
Saison speicherwerke bei voller Leistungsab-	
gabe (bei maximaler Seehöhe)	1342
Total mögliche hydraulische Leistungen	2187
Reserve in thermischen Anlagen	155

**2. Wirklich aufgetretene Leistungen**

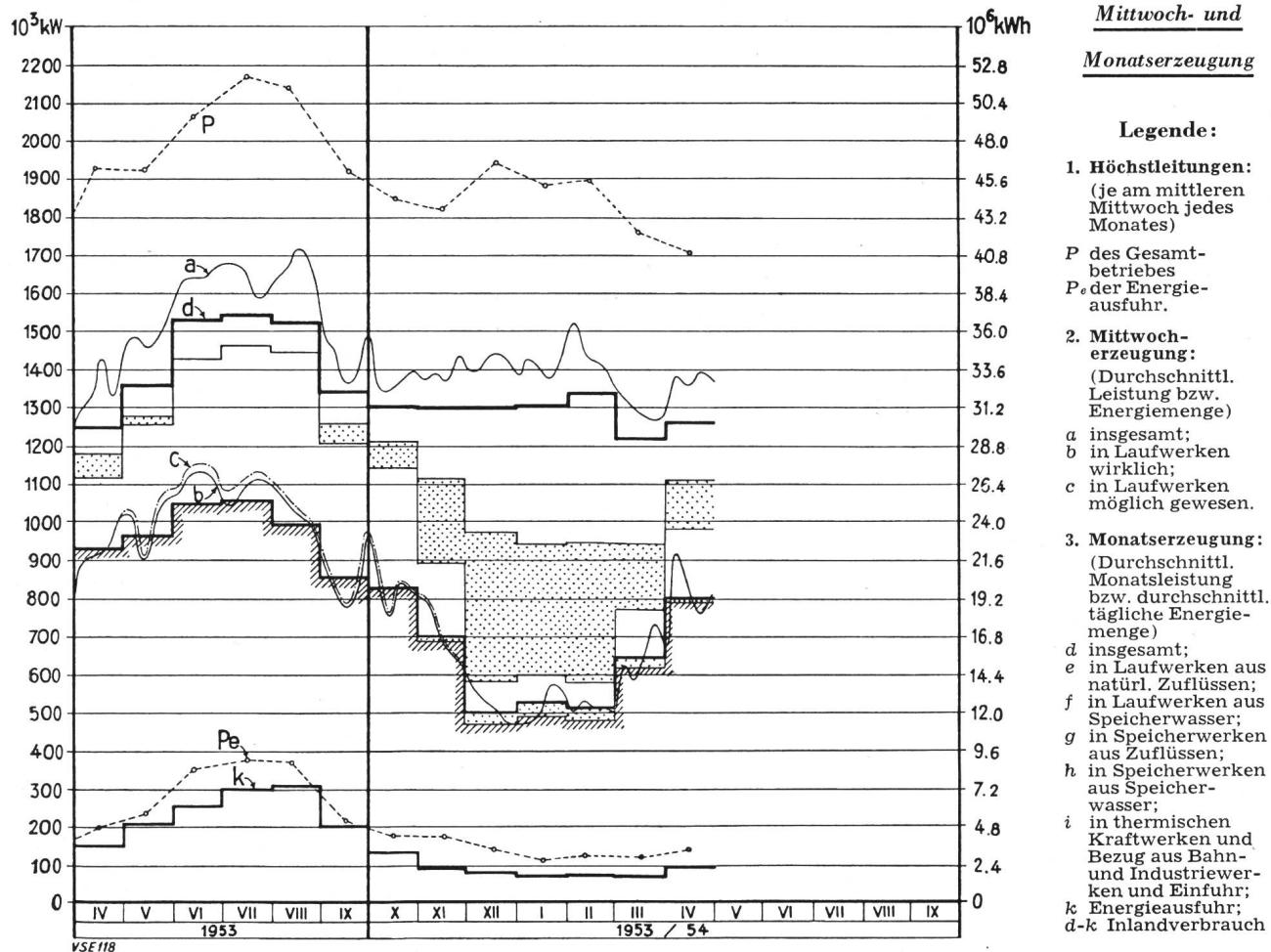
0—A Laufwerke (inkl. Werke mit Tages- und Wo-	chenspeicher).
A—B Saison speicherwerke.	
B—C Thermische Werke, Bezug aus Bahn- und In-	dustrie-Kraftwerken und Einfuhr.
0—E Energieausfuhr.	
0—F Energieeinfuhr.	

**3. Energieerzeugung**  $10^6 \text{ kWh}$

Laufwerke	20,2
Saison speicherwerke	9,1
Thermische Werke	0,1
Bezug aus Bahn- und Industrie-Kraftwerken	0,7
Einfuhr	2,4
Total, Mittwoch, 14. April 1954	32,5
Total, Samstag, 17. April 1954	27,3
Total, Sonntag, 18. April 1954	23,2

**4. Energieabgabe**

Inlandverbrauch	29,8
Energieausfuhr	2,7



Mittwoch- und  
Monatserzeugung

**Legende:**

1. Höchstleistungen:	(je am mittleren Mittwoch jedes Monates)
P	des Gesamtbetriebes
P <sub>e</sub>	der Energieausfuhr.
2. Mittwocherzeugung:	(Durchschnittl. Leistung bzw. Energiemenge)
a	insgesamt;
b	in Laufwerken wirklich;
c	in Laufwerken möglich gewesen.
d	insgesamt;
e	in Laufwerken aus natürl. Zuflüssen;
f	in Laufwerken aus Speicherwasser;
g	in Speicherwerken aus Zuflüssen;
h	in Speicherwerken aus Speicherwasser;
i	in thermischen Kraftwerken und Bezug aus Bahn- und Industriewerken und Einfuhr;
k	Energieausfuhr;
d-k	Inlandverbrauch

Energiebedarfes des Landes (gegenüber nur 7% im Jahr 1952) decken musste.

Tabelle I veranschaulicht die Erzeugung und die Verwendung elektrischer Energie in den Jahren 1952 und 1953 sowie die prozentuale Veränderung von einem Jahr zum andern.

Tabelle I

	1952 GWh	1953 GWh	Relative Veränderung 1952/53, %
<b>Erzeugung</b>			
Hydraulische Kraftwerke . . . .	1133,6	951,0	+ 16
Thermische Kraftwerke . . . .	90,5	326,6	+ 261
Gesamte Brutto-Erzeugung . . . .	1224,1	1277,6	+ 4
Eigenverbrauch der Kraftwerke . .	23,1	39,7	
Gesamte Netto-Erzeugung . . . .	1201,0	1237,9	
Von anderen Erzeugern bezogene Energie . . . . .	16,0	14,3	- 11
Energieabgabe an die Netze . . . .	1217,0	1252,2	+ 3
<b>Verbrauch</b>			
Elektro-Chemie und Metallurgie . .	206,5	157,8	- 24
Andere Verbraucher . . . . .	858,7	940,5	+ 9
Verluste . . . . .	151,8	153,9	+ 1
Total	1217,0	1252,2	+ 3

In Tabelle II sind die total installierte sowie die aufgetretene Höchstleistung der thermischen und der hydraulischen Kraftwerke angeführt.

Tabelle II

	1952 MW	1953 MW	Relative Veränderung 1952/53, %
Am 31. Dezember installierte Leistung:			
Hydraulische Kraftwerke . . . .	444,2	490,3	+ 10
Thermische Kraftwerke . . . .	113,8	112,8	- 1
Total	558,0	603,1	+ 8
Höchstleistung:			
Hydraulische Kraftwerke . . . .	250,0	268,5	+ 7
Thermische Kraftwerke . . . .	100,0	98,5	- 1
Alle Kraftwerke zusammen . . . .	261,5	276,0	+ 6

### Das Problem der optimalen Ausnützung des Speicherwassers

[Nach: Circulaire périodique de l'UNIPEDE, Nr. 23 (2. Quartal 1953) S. 18]

061.2(100) : 621.311.161

Auf Veranlassung des Direktionskomitees der UNIPEDE wurde untersucht, inwiefern der Betrieb der Speicherkraftwerke in Nachbarländern mit verbundenen Netzen durch den Energieaustausch über die Grenzen koordiniert wird.

Fig. 1 zeigt die relativen Veränderungen des Speicherinhaltes über 3 Jahre, bezogen auf das gesamte Speichervermögen, für die alpinen Speicherbecken Frankreichs, Italiens und der Schweiz. Es ist natürlich nicht zu vergessen, dass für diese drei Länder die klimatischen Verhältnisse höchstens im Herbst einige Unterschiede aufweisen. Sa.

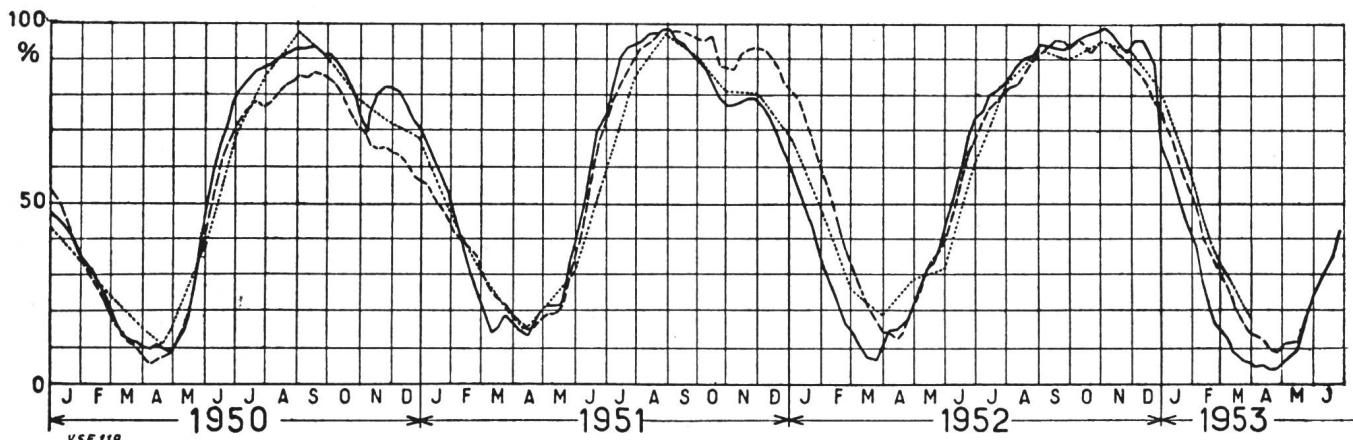


Fig. 1  
Speicherhaushalt für die alpinen Speicherbecken Frankreichs, Italiens und der Schweiz  
Speicherinhalt in Prozenten des gesamten Speichervermögens  
— französische Alpen; - - - Norditalien; .... Schweiz

## Verbandsmitteilungen

### Kraftwerk-Besichtigungen

Wir drucken nachstehend eine uns zugegangene Anregung bezüglich Kraftwerk-Besichtigung durch das Publikum ab, in der Hoffnung, sie möge einen günstigen Widerhall finden:

«Als ich vor einigen Tagen auf der Strasse am neuen Kraftwerk Verbano vorbeispazierte, fiel mir die abstossende Tafel «Eintritt verboten» auf, die in irgend einer Abwandlung am Eingang der meisten schweizerischen Kraftwerke zu finden ist. Unwillkürlich kam mir in den Sinn, wie in Amerika der Mann von der Strasse empfangen wird.

Glauben Sie nicht, dass bei uns etwas zu unternehmen wäre, um das Publikum netter zu empfangen und so seine Sympathie zu gewinnen? Eine Willkommenstafel am Eingang des Kraftwerkes, mit Angabe der Besuchszeiten, ein Beamter, der während dieser Zeit zur Verfügung steht, um

den Gästen alles zu zeigen, was ohne Gefahr und ohne Störung des Betriebes gesehen werden kann, das wäre gute Propaganda.

Persönlich hatte ich keine Schwierigkeiten, das Werk Verbano zu besichtigen; ein Angestellter telephonierte nach Locarno um die Bewilligung. Ich habe mich aber an die Stelle des Abonnementen gesetzt, der kWh bezieht und sich über die Tarife beklagt!

Es schiene mir angezeigt, die Besichtigung unserer Kraftwerke zu erleichtern, statt ein Geheimnis daraus zu machen. Die Werke würden dabei nur an Sympathie gewinnen. Ich erlaube mir deshalb, Ihnen meine Überlegungen zu unterbreiten, damit Sie prüfen, was in diesem Sinne unternommen werden könnte, um das Verständnis des Publikums für unsere Bemühungen zu fördern.»

**Redaktion der «Seiten des VSE»:** Sekretariat des Verbandes Schweizerischer Elektrizitätswerke, Seefeldstrasse 301, Zürich 8, Telephon (051) 34 12 12, Postcheckkonto VIII 4355, Telegrammadresse: Electrounion, Zürich.

**Redaktor: Ch. Morel, Ingenieur.**

Sonderabdrücke dieser Seiten können beim Sekretariat des VSE einzeln und im Abonnement bezogen werden.